



**ФЕДЕРАЛЬНАЯ СЛУЖБА  
ПО ИНТЕЛЛЕКТУАЛЬНОЙ СОБСТВЕННОСТИ,  
ПАТЕНТАМ И ТОВАРНЫМ ЗНАКАМ**

## (12) ОПИСАНИЕ ИЗОБРЕТЕНИЯ К ПАТЕНТУ

(21), (22) Заявка: 2006140733/09, 17.11.2006

(24) Дата начала отсчета срока действия патента:  
17.11.2006

(43) Дата публикации заявки: 27.05.2008

(45) Опубликовано: 27.01.2010 Бюл. № 3

(56) Список документов, цитированных в отчете о  
поиске: RU 2251204 C1, 27.04.2005. RU 2231203 C2,  
20.06.2004. SU 1758821 A1, 30.08.1992. GB  
2189952 A, 04.11.1987. US 5859514 A,  
12.01.1999. JP 3173374 A, 26.07.1991. EP  
0621680 A1, 26.10.1994. WO 0101559 A1,  
04.01.2001.

Адрес для переписки:

620002, г.Екатеринбург, К-2, ул. Мира, 19,  
ГОУ ВПО "Уральский государственный  
технический университет - УПИ", Центр  
интеллектуальной собственности, Т.В. Маркс

(72) Автор(ы):

**Зюзов Анатолий Михайлович (RU),  
Нестеров Константин Евгеньевич (RU)**

(73) Патентообладатель(и):

**ГОУ ВПО "Уральский государственный  
технический университет - УПИ" (RU)**

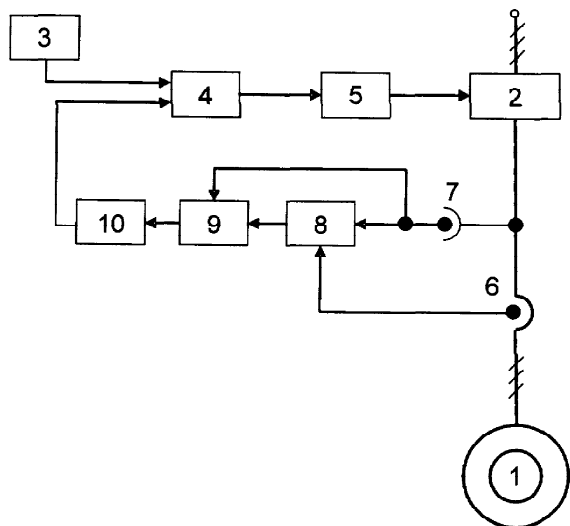
## (54) ЭЛЕКТРОПРИВОД ПЕРЕМЕННОГО ТОКА

(57) Реферат:

Изобретение относится к области электротехники и может быть использовано для плавного пуска и регулирования скорости асинхронных тиристорных электроприводов общепромышленного применения, а именно в приводах вентиляторов, компрессоров, насосов, шлифовальных машин, транспортеров, механизмов горизонтального перемещения подъемно-транспортных машин и др. Техническим результатом является упрощение реализации системы автоматического регулирования скорости двигателя в асинхронных электроприводах с

тиристорным управлением без датчика частоты вращения на валу при сохранении точности регулирования. Электропривод включает в себя асинхронный двигатель (1), тиристорный преобразователь (2) напряжения, блок управления (5), блок (4) регулятора частоты вращения, блок (3) задания частоты вращения и измеритель (8) частоты вращения двигателя, выполненный на основе датчика ЭДС статора с датчиками (6), (7) тока и напряжения соответственно двигателя, блока (9) деления и функционального преобразователя (10). 2 з.п. ф-лы, 1 ил.

RU 2380821 C2



RU 2380821 C2



FEDERAL SERVICE  
FOR INTELLECTUAL PROPERTY,  
PATENTS AND TRADEMARKS

(51) Int. Cl.

*H02P 1/26* (2006.01)*H02P 27/04* (2006.01)**(12) ABSTRACT OF INVENTION**(21), (22) Application: **2006140733/09**, 17.11.2006(24) Effective date for property rights:  
**17.11.2006**(43) Application published: **27.05.2008**(45) Date of publication: **27.01.2010 Bull. 3**

Mail address:

**620002, g.Ekaterinburg, K-2, ul. Mira, 19, GOU  
VPO "Ural'skij gosudarstvennyj tekhnicheskij  
universitet - UPI", Tsentral'noje  
sostavlennoje, T.V. Marks**

(72) Inventor(s):

**Zjuzev Anatolij Mikhajlovich (RU),  
Nesterov Konstantin Evgen'evich (RU)**

(73) Proprietor(s):

**GOU VPO "Ural'skij gosudarstvennyj  
tekhnicheskij universitet - UPI" (RU)**

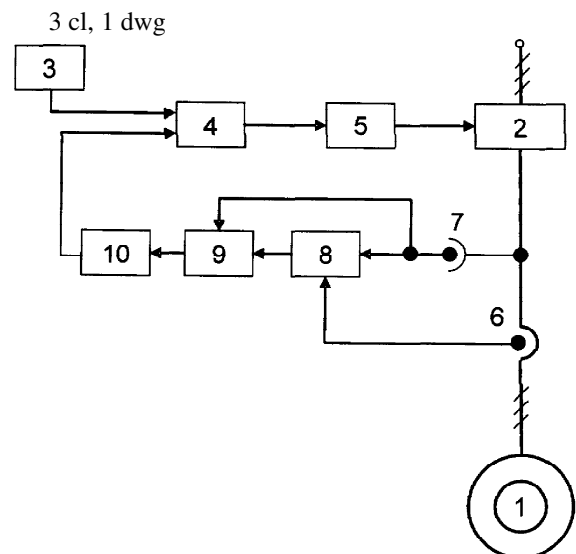
**(54) AC ELECTRIC DRIVE**

(57) Abstract:

FIELD: electrical engineering.

SUBSTANCE: electric drive comprises asynchronous motor (1), thyristor voltage converter (2), control unit (5), unit (4) of rotation frequency controller, unit (3) of rotation frequency setting and metre (8) of motor rotation frequency, arranged on the basis of stator EMF sensor with current and voltage sensors (6), (7) of motor accordingly, division unit (9) and functional converter (10).

EFFECT: simplified realisation of automatic motor speed control system in asynchronous electric drives with thyristor control without rotation frequency sensor on shaft with preservation of control accuracy.



Известны регулируемые по скорости асинхронные электроприводы с тиристорным управлением, в которых для получения сигнала обратной связи применяют различного типа датчики частоты вращения, присоединяемые к валу двигателя. Однако использование таких датчиков в большинстве случаев является  
 5 нежелательным из-за сложности их механического соединения с валом асинхронного электродвигателя.

Известны также регулируемые асинхронные электроприводы с вычислением скольжения двигателя по сигналам от датчиков тока и напряжения, включенных в  
 10 цепи питания двигателя. Назначением этих устройств чаще всего является только индикация частоты вращения двигателя без обеспечения ее регулирования.

Наиболее близким к предлагаемому устройству является электропривод переменного тока, содержащий тиристорный преобразователь напряжения, включенный в статорные цепи асинхронного двигателя, блок управления, выходом  
 15 подключенный к управляющему входу тиристорного преобразователя напряжения, а входом - к выходу блока регулятора частоты вращения, один вход которого подключен к выходу блока задания частоты вращения, а другой вход - к выходу измерителя частоты вращения, построенному на основе датчиков тока и напряжения  
 20 двигателя, измерителя ЭДС статора и функционального преобразователя, реализующего зависимость расчетного значения частоты вращения от ЭДС и напряжения двигателя (патент РФ №2251204, кл. H02P 5/28, прототип).

Недостатком этого устройства является сложность реализации, функционального блока вычислителя частоты вращения ротора, имеющего два входа, один из которых  
 25 подключен к выходу датчика напряжения, а другой - к выходу блока измерения ЭДС.

Задачей изобретения является упрощение реализации прототипа при сохранении точности регулирования скорости асинхронного двигателя с тиристорным управлением.

Решение указанной задачи достигается тем, что электропривод переменного тока, содержащий асинхронный двигатель, тиристорный преобразователь напряжения, включенный между статорной обмоткой двигателя и питающей сетью, задатчик частоты вращения, последовательно соединенные регулятор частоты вращения и блок  
 30 управления тиристорным преобразователем напряжения, а также функциональный блок и измеритель ЭДС статора с подключенными к его входам датчиками тока и напряжения двигателя, в котором один вход регулятора частоты вращения соединен с  
 35 выходом задатчика частоты вращения, а другой вход - с выходом функционального блока, дополнительно снабжен блоком деления, один вход которого подключен к  
 40 выходу измерителя ЭДС, другой - к выходу датчика напряжения, а выход - к входу функционального блока, причем функциональный блок выполнен с возможностью реализации зависимости:

$$\omega = f(E_s / U_s),$$

где  $\omega$  - вычисленное значение частоты вращения;

45  $E_s$  - амплитуда первой гармоники ЭДС статора двигателя;

$U_s$  - амплитуда первой гармоники напряжения на статоре двигателя.

Зависимость  $\omega = f(E_s / U_s)$ , реализуемая функциональным блоком, может быть  
 50 получена из решения уравнений установившегося режима работы двигателя с учетом факторов, влияющих на вид зависимости, например эффекта вытеснения тока:

$$\omega = 1 - \frac{1 + \sqrt{1 - \left[ 1 - \frac{1}{2m_k(1-\sigma)X_s a_r S_k} \left( \frac{E_s}{U_s} \right)^2 \right] \left[ 1 + a_r^2 - \frac{S_k}{2m_k(1-\sigma)X_s a_r} \left( \frac{E_s}{U_s} \right)^2 \right]}}{1 - \frac{1}{2m_k(1-\sigma)X_s a_r S_k} \left( \frac{E_s}{U_s} \right)^2},$$

где  $m_k$  - значение максимального момента электродвигателя;

$U_s$  - амплитуда первой гармоники напряжения на фазе двигателя;

$\sigma$  - полный коэффициент рассеяния двигателя;

$X_s$  - полное индуктивное сопротивление фазы двигателя;

$a_r$  - коэффициент затухания роторных цепей при разомкнутом статоре;

$S_k$  - критическое скольжение двигателя;

$E_s$  - амплитуда первой гармоники ЭДС фазы двигателя.

Полученная таким образом зависимость  $\omega=f(E_s/U_s)$  для последующей реализации может быть аппроксимирована полиномом вида:

$$\omega = k_4 \left( \frac{E_s}{U_s} \right)^4 + k_3 \left( \frac{E_s}{U_s} \right)^3 + k_2 \left( \frac{E_s}{U_s} \right)^2 + k_1 \frac{E_s}{U_s} + k_0.$$

На чертеже приведена структурная схема электропривода переменного тока.

Электропривод переменного тока содержит асинхронный двигатель 1, тиристорный преобразователь напряжения 2, задатчик частоты вращения 3, блок регулятора частоты вращения 4, блок управления тиристорным преобразователем напряжения 5, датчики тока и напряжения двигателя 6 и 7, блок измерения ЭДС 8, блок деления 9 и функциональный блок 10.

Тиристорный преобразователь напряжения снабжен входами для подключения к сети, а выходом присоединен к статорным обмоткам асинхронного двигателя 1. Задатчик частоты вращения 3 подключен к первому входу регулятора частоты вращения 4, второй вход которого связан с выходом функционального блока 10, причем выход регулятора частоты вращения 4 через блок управления 5 связан с управляющим входом тиристорного преобразователя напряжения 2. Выходы датчиков тока 6 и напряжения 7 двигателя присоединены к входам блока измерения ЭДС 8, кроме того, выход датчика напряжения 7 присоединен к первому входу блока деления 9, ко второму входу которого присоединен выход блока измерения ЭДС 8, причем выход блока деления 9 связан со входом функционального блока 10.

Блок измерения ЭДС 8 с блоком деления 9 и функциональным блоком 10 в рассматриваемой структуре обеспечивают вычисление частоты вращения двигателя, расчетное значение которой присутствует на выходе функционального блока 10.

В функциональном блоке 10 реализована зависимость:

$$\omega=f(E_s/U_s),$$

где  $\omega$  - вычисленное значение частоты вращения;

$E_s$  - амплитуда первой гармоники ЭДС статора двигателя;

$U_s$  - амплитуда первой гармоники напряжения на статоре двигателя.

Зависимость  $\omega=f(E_s/U_s)$ , реализуемая функциональным блоком 10, получена из решения уравнений установившегося режима работы двигателя с учетом эффекта вытеснения тока:

$$\omega = 1 - \frac{1 + \sqrt{1 - \left[ 1 - \frac{1}{2m_k(1-\sigma)X_s a_r S_k} \left( \frac{E_s}{U_s} \right)^2 \right] \left[ 1 + a_r^2 - \frac{S_k}{2m_k(1-\sigma)X_s a_r} \left( \frac{E_s}{U_s} \right)^2 \right]}}{1 - \frac{1}{2m_k(1-\sigma)X_s a_r S_k} \left( \frac{E_s}{U_s} \right)^2},$$

где  $m_k$  - значение максимального момента электродвигателя;

$U_s$  - амплитуда первой гармоники напряжения на фазе двигателя;

$\sigma$  - полный коэффициент рассеяния двигателя;

$X_s$  - полное индуктивное сопротивление фазы двигателя;

$a_r$  - коэффициент затухания роторных цепей при разомкнутом статоре;

$S_k$  - критическое скольжение двигателя;

$E_s$  - амплитуда первой гармоники ЭДС фазы двигателя.

Полученная таким образом зависимость  $\omega=f(E_s/U_s)$  для последующей реализации аппроксимирована полиномом вида:

$$\omega = k_4 \left( \frac{E_s}{U_s} \right)^4 + k_3 \left( \frac{E_s}{U_s} \right)^3 + k_2 \left( \frac{E_s}{U_s} \right)^2 + k_1 \frac{E_s}{U_s} + k_0,$$

где коэффициенты  $k_0 \dots k_4$  определяются параметрами схемы замещения двигателя.

Электропривод работает следующим образом.

В исходном состоянии, когда сигнал задания частоты вращения остается неизменным, частота вращения двигателя соответствует заданной, а момент, развиваемый двигателем, равен моменту нагрузки, на выходах датчиков тока и напряжения статора 6 и 7 появляются сигналы, пропорциональные току и напряжению статора двигателя, на выходе блока измерения ЭДС 8 появляется сигнал, пропорциональный амплитуде ЭДС статора двигателя, на выходе блока 9 деления появляется сигнал, пропорциональный отношению амплитуды первой гармоники ЭДС к амплитуде первой гармоники напряжения, а на выходе функционального блока 10 измерителя частоты вращения - сигнал, пропорциональный частоте вращения ротора асинхронного двигателя.

Регулятор частоты вращения 4, в котором определяется отклонение частоты вращения от заданного в блоке 3 значения, вырабатывает сигнал управления, зависящий от типа регулятора скорости и величины момента сопротивления на валу двигателя, и передает его в блок управления 5.

Блок управления 5 обеспечивает при этом на выходе тиристорного преобразователя 2 напряжение, достаточное для преодоления двигателем нагрузки при заданной частоте вращения.

Изменение задания на частоту вращения в блоке 3 приводит к изменению сигнала на выходе блока 4, в зависимости от которого блок управления 5 будет изменять углы открытия тириستоров преобразователя напряжения 2 таким образом, чтобы за счет изменения напряжения на его выходе вызвать изменение тока и момента двигателя, необходимое для его перехода на заданную частоту вращения. Сигналы на выходах датчиков тока и напряжения 6 и 7, блока вычисления ЭДС 8 и блока деления 9 будут соответствовать значениям тока, напряжения, ЭДС и отношению амплитуды первой гармоники ЭДС к амплитуде первой гармоники напряжения двигателя при новой частоте вращения, а сигнал на выходе блока 10 измерителя частоты вращения - значению текущей частоты вращения, что вызовет соответствующее изменение

сигнала на выходе блока 4 регулятора частоты вращения. Процесс регулирования будет продолжаться до тех пор, пока на выходе блока 4 регулятора частоты вращения не установится сигнал, обеспечивающий на выходе тиристорного преобразователя напряжение, достаточное для преодоления двигателем нагрузки при заданной частоте вращения.

При изменениях момента нагрузки и колебаниях напряжения сети поддержание заданной частоты вращения осуществляется аналогичным образом.

Технический результат, достигаемый от введения в электропривод переменного тока на основе асинхронного трехфазного электродвигателя с тиристорным управлением измерителя частоты вращения, выполненного на основе датчиков тока и напряжения с блоком измерения ЭДС статора и блоком деления, благодаря однозначной связи между напряжением, ЭДС и частотой вращения, по сравнению с известным устройством позволяет упростить реализацию функционального блока вычислителя скорости при сохранении точности регулирования скорости асинхронного электродвигателя.

#### Формула изобретения

Электропривод переменного тока, содержащий асинхронный двигатель, тиристорный преобразователь напряжения, включенный между статорной обмоткой двигателя и питающей сетью, датчик частоты вращения, последовательно соединенные регулятор частоты вращения и блок управления тиристорным преобразователем напряжения, а также функциональный блок и измеритель ЭДС статора с подключенными к его входам датчиками тока и напряжения двигателя, в котором один вход регулятора частоты вращения соединен с выходом датчика частоты вращения, а другой вход - с выходом функционального блока, отличающийся тем, что устройство дополнительно снабжено блоком деления, один вход которого подключен к выходу измерителя ЭДС, другой - к выходу датчика напряжения, а выход - к входу функционального блока, причем функциональный блок выполнен с возможностью реализации зависимости:

$$\omega = f(E_s/U_s),$$

где  $\omega$  - вычисленное значение частоты вращения;

$E_s$  - амплитуда первой гармоники ЭДС статора двигателя;

$U_s$  - амплитуда первой гармоники напряжения на статоре двигателя.

2. Устройство по п.1, отличающееся тем, что зависимость  $\omega = f(E_s/U_s)$ , реализуемая функциональным блоком, представлена выражением:

$$\omega = 1 - \frac{1 + \sqrt{1 - \left[ 1 - \frac{1}{2m_k(1 - \sigma)X_s a_r S_k} \left( \frac{E_s}{U_s} \right)^2 \right] \left[ 1 + a_r^2 - \frac{S_k}{2m_k(1 - \sigma)X_s a_r} \left( \frac{E_s}{U_s} \right)^2 \right]}}{1 - \frac{1}{2m_k(1 - \sigma)X_s a_r S_k} \left( \frac{E_s}{U_s} \right)^2},$$

где  $m_k$  - значение максимального момента электродвигателя;

$U_s$  - амплитуда первой гармоники напряжения на фазе двигателя;

$\sigma$  - полный коэффициент рассеяния двигателя;

$X_s$  - полное индуктивное сопротивление фазы двигателя;

$a_r$  - коэффициент затухания роторных цепей при разомкнутом статоре;

$S_k$  - критическое скольжение двигателя;

$E_s$  - амплитуда первой гармоники ЭДС фазы двигателя.

3. Устройство по п.2, отличающееся тем, что зависимость  $\omega=f(E_s/U_s)$ , реализуемая функциональным блоком, представлена в виде табличной функции и аппроксимирована полиномом вида:

$$\omega = k_4 \left( \frac{E_s}{U_s} \right)^4 + k_3 \left( \frac{E_s}{U_s} \right)^3 + k_2 \left( \frac{E_s}{U_s} \right)^2 + k_1 \frac{E_s}{U_s} + k_0,$$

где коэффициенты  $k_0 \dots k_4$  определяются параметрами схемы замещения двигателя.







ФЕДЕРАЛЬНАЯ СЛУЖБА  
ПО ИНТЕЛЛЕКТУАЛЬНОЙ СОБСТВЕННОСТИ

**(12) ИЗВЕЩЕНИЯ К ПАТЕНТУ НА ИЗОБРЕТЕНИЕ**

---

**ММ4А** Досрочное прекращение действия патента из-за неуплаты в установленный срок пошлины за поддержание патента в силе

Дата прекращения действия патента: **03.02.2010**

Дата публикации: **27.02.2012**

---

**RU 2 380 821 C2**

**RU 2 380 821 C2**